ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ ทช
ลว 3

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 8 ว

เรื่อง

การผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot Plant จากเม็ดดินเผา

โดย

นางสุจินต์ พราวพันธุ์
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

และ

นายชัยวัฒน์ ธานีรัตน์
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการผลิตเซรามิก
สำนักเทคโนโลยีชุมชน
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

พ.ศ. 2547

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 8 ว

เรื่อง

การผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot Plant จากเม็ดดินเผา

เลขหมู่ ๑๗ ๓๘
อว 3
เลขทะเบียน 12319
วันที่ 17 / ธ.ค. / ๔๗

โดย นางสุจินต์ พราวพันธุ์
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว

และ นายชัยวัฒน์ ธานีรัตน์
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการผลิตเซรามิก
สำนักเทคโนโลยีชุมชน
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
ก.ศ

พ.ศ. 2547

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนานี้เป็นการทดลองผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot Plant ครั้งละ 60 ลิตร โดยใช้เม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง ในการผลิตขั้นตอนการเคลือบด่างทับทิมและขั้นตอนการเผาด่างทับทิมให้สลายตัวเป็นแมงกานีสไดออกไซด์(MnO_2)ทำในเครื่อง Pilot Plant อย่างต่อเนื่อง ไม่ต้องทำการเผาในเตาเผาเหมือนการผลิตโดยใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุง จากการทดลองพบว่าสามารถผลิตสารกรองสนิมเหล็กโดยเคลือบเม็ดดินเผาจำนวน 60 ลิตรด้วยด่างทับทิม 2.25 กิโลกรัมให้เกาะติดเม็ดดินเผาได้เป็นอย่างดี และเผาสารเคลือบในเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot Plant ที่อุณหภูมิ 300°ซ. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ได้สารกรองที่มีประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กในน้ำได้ดีเท่ากับสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตโดยใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุง สารกรองที่ได้มีน้ำหนักเบา และใช้พลังงานความร้อนในการผลิตน้อยกว่าผลิตโดยใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุง แต่มีต้นทุนในการเตรียมเม็ดดินเผาสูงกว่า สารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นเองโดยใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุงมีราคาต้นทุนการผลิตประมาณ 8.95 บาท/ลิตร และสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตโดยใช้เม็ดดินเผาเป็นตัวพยุงมีราคาต้นทุนการผลิตประมาณ 9.92 บาท/ลิตร

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		
สารบัญตาราง		ค
สารบัญรูป		ฉ
บทที่ 1	บทนำ	1
1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์	2
1.3	ขอบเขตการศึกษาวิจัย	2
1.4	ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.5	ระยะเวลาการทดลอง	2
บทที่ 2	การทดลอง	3
2.1	วัสดุอุปกรณ์	3
2.2	วิธีการทดลอง	6
2.2.1	การเตรียมเม็ดดินเผา	7
2.2.2	การเคลือบเม็ดดินเผาด้วยด่างทับทิม	7
2.2.3	การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสารกรองสนิมเหล็ก	8
2.2.4	การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบ	9
2.2.5	การทดสอบหาปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมาจากสารกรองสนิมเหล็ก	10
2.2.6	การทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่อง	10
บทที่ 3	ผลการทดลอง	11
3.1	ผลการเตรียมเม็ดดินเผา	11
3.2	ผลการใช้เครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant เคลือบเม็ดดินเผาครั้งละ 60 ลิตรด้วยด่างทับทิมปริมาณ 1.5, 2.25, 3.0 และ 4.5 กิโลกรัม	12
3.3	ผลการทดลองหาสภาวะของอุณหภูมิและเวลาในการผลิตสารกรองสนิมเหล็ก	12
3.4	ผลการทดประสิทธิภาพการใช้งานของสารกรองสนิมเหล็กที่ได้จากการทดลองทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผาอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา เพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุด	13
3.5	ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นเปรียบเทียบ	21

สารบัญ

		หน้า
3.6	ผลการทดสอบหาปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมาจากสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุด เพื่อตรวจสอบปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมากับน้ำที่กรองได้	23
3.7	ผลการทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ของสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตได้	23
บทที่ 4	วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง	24
4.1	วิจารณ์ผล	24
4.2	สรุปผลการทดลอง	26
กิตติกรรมประกาศ		29
เอกสารอ้างอิง		33

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การทดสอบเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ด่างทับทิมเคลือบเม็ดดินเผา ปริมาณที่มากเกินพอ(4.5 กิโลกรัม) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้เผาสารเคลือบ จาก 200°- 400° ซ.	8
2.2	การทดลองเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1 ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา จาก 1.5 - 4.5 กิโลกรัม	8
2.3	การทดลองเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา และอุณหภูมิในการเผาสารเคลือบที่เหมาะสม ซึ่งหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1 และ 2.2 โดยเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้เผาสารเคลือบจาก 1- 5 ชั่วโมง	9
2.4	การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นเปรียบเทียบระหว่างสารกรองที่ใช้เม็ดทรายกับเม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง	9
3.1	แสดงผลการคัดแยกขนาดเม็ดดินเผาเมื่อใช้อิฐมอญ 100 ลิตร	12
3.2	ผลการทดสอบเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ด่างทับทิมเคลือบเม็ดดินเผา ปริมาณที่มากเกินพอ(4.5 กิโลกรัม) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเผาสารเคลือบที่อุณหภูมิ 200°ซ.	13
3.3	ผลการทดสอบเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ด่างทับทิมเคลือบเม็ดดินเผา ปริมาณที่มากเกินพอ(4.5 กิโลกรัม) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเผาสารเคลือบที่อุณหภูมิ 300°ซ.	14
3.4	ผลการทดสอบเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ด่างทับทิมเคลือบเม็ดดินเผา ปริมาณที่มากเกินพอ(4.5 กิโลกรัม) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเผาสารเคลือบที่อุณหภูมิ 400°ซ.	14
3.5	แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้น โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1(300° ซ.) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผาเป็น 1.5 กิโลกรัม	15

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.6	แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้น โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1(300°ซ.) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผาเป็น 2.25 กิโลกรัม	16
3.7	แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้น โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1(300°ซ.) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผาเป็น 3.0 กิโลกรัม	16
3.8	แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้น โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1(300°ซ.) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผาเป็น 4.5 กิโลกรัม	17
3.9	แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาอุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เวลาที่ใช้เผา 1 ชั่วโมงและผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก	18
3.10	แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดเม็ดดินเผา 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาอุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เวลาที่ใช้เผา 2 ชั่วโมงและผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก	18
3.11	แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาอุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เวลาที่ใช้เผา 3 ชั่วโมงและผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก	19
3.12	แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาอุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เวลาที่ใช้เผา 4 ชั่วโมงและผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก	19
3.13	แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาอุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เวลาที่ใช้เผา 4 ชั่วโมงและผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก	20

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1ก	เครื่องสำหรับปั่นอิฐดินเผา(ปั่นหยาบ)	3
2.1ข	เครื่องสำหรับปั่นอิฐดินเผา(ปั่นละเอียด)	3
2.2ก	ตะแกรงขนาดเบอร์ 10	4
2.2ข	ตะแกรงขนาดเบอร์ 30	4
2.3	เครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant เป็นถังทรงกระบอกแนวนอนขนาด 200 ลิตร	5
2.4	เครื่องกรองน้ำ ขนาดเส้าผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร	5
2.5	อิฐดินเผาที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป	6
2.6	แสดงขั้นตอนการทดลองการผลิตสารกรองสนิมเหล็ก	7
2.7	แสดงขั้นตอนการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องของสารกรอง	10
3.1ก	เม็ดดินเผาที่ไม่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 10	11
3.1ข	เม็ดดินเผาที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 10 แต่ไม่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 30	11
3.1ค	เม็ดดินเผาที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 30	12
3.2	สารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตได้ด้วยเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot Plant	13
3.3	แสดงเปรียบเทียบผลการทดสอบสารกรองที่ผลิตขึ้น โดยใช้ด่างทับทิมเคลือบเม็ดดินเผา ปริมาณที่มากเกินพอ(4.5 กิโลกรัม) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ (5 ชั่วโมง) โดยเผาสารเคลือบที่อุณหภูมิ 200 - 400^{0}ซ.	15
3.4	แสดงเปรียบเทียบผลการทดสอบสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1(300^{0}ซ.) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา จาก 1.5 - 4.5 กิโลกรัม	17
3.5	แสดงเปรียบเทียบผลการทดสอบสารกรองที่เตรียมขึ้นโดยใช้ด่างทับทิม ปริมาณ 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500^{0}ซ. เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง	20
3.6	แสดงประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบระหว่างสารกรองที่ใช้เม็ดทรายกับเม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง	22

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.14	แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ใช้เม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง ที่ ได้จากสภาวะการผลิตที่ดีที่สุด ที่อุณหภูมิการเผา 300°ซ. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	21
3.15	แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุง ที่ ได้จากสภาวะการผลิตที่ดีที่สุด ที่อุณหภูมิการเผา 500°ซ. เป็นเวลา 4 ชั่วโมง	21
3.16	ความเข้มข้นของสารละลายแมงกานีสที่ละลายออกมากับน้ำที่กรองได้ ที่ปริมาตรการกรองต่างๆ	23
3.17	แสดงผลการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องของสารกรองที่ผลิตขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุด	23

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สารกรองสนิมเหล็ก ใช้สำหรับกรองน้ำบาดาลที่เป็นสนิมมีสีแดง และมีกลิ่น ให้เป็นน้ำที่สะอาด เพื่อการอุปโภคบริโภค

สนิมเหล็กเกิดจากสารละลายเหล็กที่อยู่ในน้ำบาดาล ซึ่งในตอนที่สูบขึ้นมาใหม่ๆจะใสไม่มีสี แต่เมื่อสัมผัสกับอากาศก็จะเกิดเป็นตะกอนได้บางส่วน สารกรองสนิมเหล็กทำหน้าที่ตกตะกอนสารละลายเหล็กในน้ำบาดาลที่ไม่สามารถตกตะกอนด้วยออกซิเจนในอากาศได้ เกิดเป็นตะกอนอย่างสมบูรณ์ และกรองจับไว้ในชั้นของสารกรอง ทำให้น้ำที่ผ่านสารกรองปราศจากสนิมเหล็ก

ในปี 2540 ชัยวัฒน์ ธานีรัตน์ ได้ทำการวิจัยและพัฒนา การเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานิสไดออกไซด์ เพื่อกำจัดสนิมเหล็กในน้ำบาดาล การวิจัยและพัฒนาดังกล่าวได้ทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้เม็ดทรายขนาด 1-2 ม.ม. เป็นตัวพยุง การเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์(สารกรองสนิมเหล็ก) ทำโดยนำทรายที่คัดขนาดและทำความสะอาดแล้ว จำนวน 1.2 ลิตร เคลือบด้วยด่างทับทิมจำนวน 50 กรัม โดยการระเหยน้ำด่างทับทิมให้แห้งติดเม็ดทราย หลังจากนั้นนำทรายเคลือบมาเผาที่อุณหภูมิ 500^{0} ซ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่ให้ผลการทดลองดีที่สุด ได้สารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพ ในการกำจัดสารระเหยเหล็กในน้ำได้ดีเทียบเท่าสารกรองคุณภาพดีของต่างประเทศ สารกรองที่เตรียมได้นี้ เมื่อนำมากรองน้ำที่มีสนิมเหล็ก สารกรองจะจับตะกอนสนิมเหล็ก (เฟอร์ริก, Fe^{3+}) เอาไว้ ในขณะเดียวกันจะเปลี่ยน เฟอร์รัส (Fe^{2+}) ซึ่งละลายน้ำให้เป็นตะกอนสนิมเหล็ก (เฟอร์ริก, Fe^{3+}) แล้วกรองจับเอาไว้อีกชั้นหนึ่ง โดยสารกรองสนิมเหล็กที่มีสารเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์จะเปลี่ยนเป็นแมงกานิกออกไซด์ (Mn_2O_3) แมงกานิกออกไซด์สามารถเปลี่ยนให้คืนสภาพเป็น แมงกานีสไดออกไซด์ได้เมื่อทำปฏิกริยากับด่างทับทิม และจากการตรวจสอบผลการละลายแมงกานีสที่ออกจากสารกรองเมื่อนำสารกรองไปใช้กรองน้ำประปา พบว่ามีการละลายออกมาน้อยมากไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวง เนื่องจากการศึกษาทดลองที่ผ่านมายังขาดข้อมูลสำหรับการผลิตในเชิงพาณิชย์ ในปี 2541 ได้ทดลองทำการขยายขนาดการผลิตใช้เม็ดทรายผลิตสารกรองสนิมเหล็กด้วยเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant ในปริมาณครั้งละ 60 ลิตร ได้สารกรองสนิมเหล็กที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้ดีเท่ากับสารกรองฯที่ผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ แต่จากการผลิตดังกล่าวพบว่าสารกรองที่ผลิตจากทรายจะมีน้ำหนักต่อปริมาตรสูงมากต้องใช้กำลังงานในการผลิตและเคลื่อนย้ายมาก และจากการศึกษาทดลองเบื้องต้นพบว่า การเผาเม็ดดินเผาที่เคลือบด่างทับทิมให้สลายตัวกลายเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ ใช้อุณหภูมิในการเผาต่ำกว่าใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุง จึงมีความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์สารกรองชนิดนี้ให้มีน้ำหนักต่อปริมตรน้อยลงเพื่อให้สะดวกในการผลิตและการเคลื่อน

ย้ายนำไปใช้งาน โดยการใช้เม็ดดินเผาแทนเม็ดทราย และทดลองทำการผลิตด้วยเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับPilot plant ทั้งในขั้นตอนการเคลือบและเผา

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อให้มีวิธีการที่เหมาะสมในการใช้เม็ดดินเผาผลิตสารกรองสนิมเหล็กโดยการใช้เครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant ทั้งในขั้นตอนการเคลือบและเผา ในปริมาณการผลิตครั้งละ 60 ลิตร และเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตระหว่างการผลิตจากเม็ดดินเผากับเม็ดทราย

1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

1.3.1 ศึกษาทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้เม็ดดินเผาผลิตสารกรองสนิมเหล็กครั้งละ 60 ลิตร

1.3.2 ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นเปรียบเทียบระหว่างกับสารกรองที่ใช้เม็ดทรายกับเม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง

1.3.3 ทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่องของสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้น

1.3.4 การทดสอบหาปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมาจากสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้น เพื่อตรวจสอบปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมากับน้ำที่กรองได้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

มีข้อมูลและวิธีการผลิตในปริมาณมากสำหรับพัฒนาไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

1.5 **ระยะเวลาการทดลอง** ตุลาคม 2542 – กันยายน 2543

บทที่ 2
การทดลอง

2.1 วัสดุอุปกรณ์

การใช้เม็ดดินเผาผลิตสารกรองสนิมเหล็กด้วยเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant ในปริมาณครั้งละ 60 ลิตร มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตสารกรอง ทดสอบสารกรอง และวิเคราะห์ผลได้แก่

2.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้เตรียมสารกรอง

1) เครื่องสำหรับปั่นอิฐดินเผา ดังแสดงในรูปที่ 2.1ก-ข

รูปที่ 2.1ก เครื่องสำหรับปั่นอิฐดินเผา(ปั่นหยาบ)

รูปที่ 2.1ข เครื่องสำหรับปั่นอิฐดินเผา(ปั่นละเอียด)

2) ตะแกรงขนาดเบอร์ 10[1] และเบอร์ 30 ใช้สำหรับคัดขนาดเม็ดดินเผา ดังแสดงในรูปที่ 2.2ก-ข

รูปที่ 2.2ก ตะแกรงขนาดเบอร์ 10

รูปที่ 2.2ข ตะแกรงขนาดเบอร์ 30

[1] ตะแกรงขนาดเบอร์ 10 หมายถึง ขนาด # 10 mesh

3) เครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant เป็นถังทรงกระบอกแนวนอนขนาด 200 ลิตร ทำหน้าที่ระเหยสารละลายด่างทับทิมเคลือบให้เกาะติดเม็ดดินเผาและเผาเม็ดดินเคลือบให้เป็นสารกรองสนิมเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 เครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant เป็นถังทรงกระบอกแนวนอน ขนาด 200 ลิตร

4) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ใช้ตรวจเช็คอุณหภูมิสารกรองขณะทำการเคลือบ

2.1.2 **อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบสารกรอง**

1) ถังบรรจุน้ำ ใช้บรรจุสารละลายเหล็กที่ใช้ทดสอบ
2) เครื่องสูบน้ำขนาด 100 วัตต์ ที่สูบน้ำเข้าเครื่องกรองน้ำที่ใช้ทดสอบสารกรอง
3) เครื่องกรองน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร ภายในบรรจุสารกรองที่จะทดสอบจำนวน 1 ลิตร ใช้ทดสอบสารกรอง ดังแสดงในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 เครื่องกรองน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร

2.1.3 **เครื่องมือวิเคราะห์**

1) เครื่อง Atomic absorption spectrometer (AAS) ทำหน้าที่ในการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่ละลายอยู่ในน้ำ

2.1.4 **วัตถุดิบ**

1) อิฐดินเผาที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป ใช้เป็นตัวพยุงในการผลิตสารกรอง ดังแสดงในรูปที่ 2.5

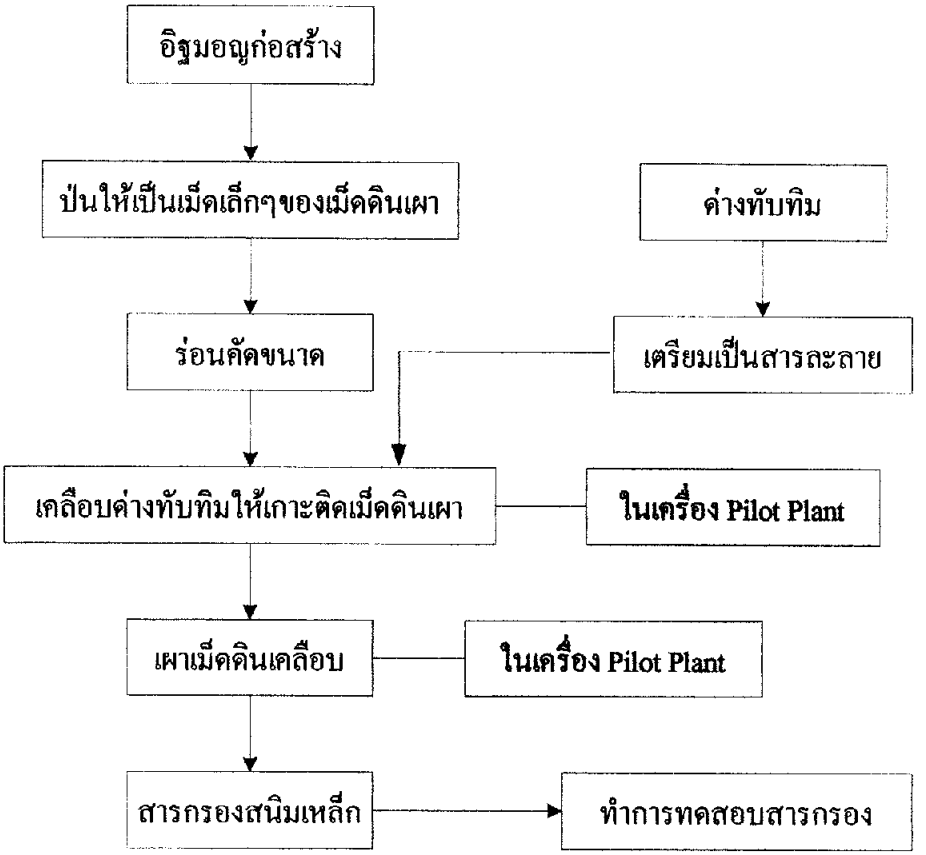
รูปที่ 2.5 อิฐดินเผาที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป

2) ด่างทับทิมเกรดพาณิชย์ ใช้เคลือบผิวเม็ดดินเผา ในการผลิตสารกรอง

3) ผงเหล็ก (Iron powder, U.S.P.) ใช้เตรียมสารละลายเหล็กเพื่อใช้ในการทดสอบ

2.2 วิธีการทดลอง

การใช้เม็ดดินเผาผลิตสารกรองสนิมเหล็กด้วยเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant ในปริมาณครั้งละ 60 ลิตร ได้ทำการทดลองเป็นลำดับขั้นตอน แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงขั้นตอนการทดลองการผลิตสารกรองสนิมเหล็ก

และมีรายละเอียดการทดลอง ดังนี้

2.2.1 **การเตรียมเม็ดดินเผา** โดยป่นอิฐดินเผาที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไปด้วยเครื่องสำหรับป่นหยาบ และเครื่องป่นละเอียดตามลำดับ แล้วนำมาคัดขนาด โดยนำอิฐป่นมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 คัดเอาส่วนที่ผ่านตะแกรงมาร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 30 คัดเอาส่วนที่ติดอยู่บนตะแกรงนำไปใช้ผลิตเป็นสารกรอง

2.2.2 **การเคลือบเม็ดดินเผาด้วยด่างทับทิม** นำเม็ดดินเผาที่คัดขนาดแล้วมาครั้งละ 60 ลิตร ผสมน้ำจำนวน 15 ลิตร และด่างทับทิมที่ใช้เคลือบในอัตราส่วน 1.5 2.25 3.0 และ 4.5 กิโลกรัม ด้วยวิธีต้มให้ด่างทับทิมละลายและ ระเหยน้ำให้ด่างทับทิมเคลือบเกาะติดเม็ดดินเผาด้วยเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant ซึ่งเป็นถังทรงกระบอกแนวนอนขนาด 200 ลิตรให้ความร้อนด้วยแก๊ส และหมุนถังด้วยมอเตอร์ที่ความเร็ว 10 รอบ/นาที การทดลองหลังจากเคลือบแห้งแล้ว ทำการเผาเม็ดดินเผาที่เคลือบแล้วด้วยเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant ต่อเนื่องไปเพื่อให้ด่างทับทิมสลายตัวเป็นแมงกานีสไดออกไซด์เกิดขึ้นที่ผิวเม็ดดินเผา ได้เป็นสารกรองตามที่

ต้องการ การทดลองทำการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้เผาที่ 200^{0}ซ. 300^{0}ซ. และ 400^{0}ซ. และศึกษาเวลาที่ใช้เผา 1 2 3 4 และ 5 ชั่วโมง

2.2.3 **การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสารกรองสนิมเหล็ก** ทำโดยนำสารกรองที่จะทดสอบการใช้งานจำนวน 1 ลิตร บรรจุในท่อกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร ความสูงของสารกรองในท่อกรอง 80 เซนติเมตร ความสูงของท่อกรอง 100 เซนติเมตร ให้น้ำที่มีสารละลายเหล็กเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ไหลผ่านในอัตราการไหล 1 ลิตร/นาที ซึ่งน้ำที่มีสารละลายเหล็กเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ใช้เป็นตัวแทนของน้ำบาดาลโดยทั่วไป ที่มีความเข้มข้นของเหล็กระหว่าง 0 – 5 มิลลิกรัม/ลิตร และเก็บตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการกรองเป็นระยะทุก 40 ลิตรจนครบ 320 ลิตร ไปวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำ เพื่อใช้คำนวณประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กของสารกรองที่ทดสอบ ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrometer (AAS) รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.1 – 2.3

ตารางที่ 2.1 การทดสอบเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ด่างทับทิมเคลือบเม็ดดินเผา ปริมาณที่มากเกินพอ(4.5 กิโลกรัม) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้เผาสารเคลือบ จาก 200^{0}- 400^{0}ซ.

การทดสอบที่	อุณหภูมิที่ใช้เผา (^{0}ซ.)
1-1	200
1-2	300
1-3	400

ตางรางที่ 2.2 การทดลองเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1 ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา จาก 1.5 - 4.5 กิโลกรัม

การทดลองที่	ปริมาณด่างทับทิม(กิโลกรัม)
2-1	1.5
2-2	2.25
2-3	3.0
2-4	4.5

ตารางที่ 2.3 การทดลองเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา และอุณหภูมิในการเผาสารเคลือบที่เหมาะสม ซึ่งหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1 และ 2.2 โดยเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้เผาสารเคลือบจาก 1- 5 ชั่วโมง

การทดสอบที่	เวลาที่ทำการเผา(ชั่วโมง)
3-1	1
3-2	2
3-3	3
3-4	4
3-5	5

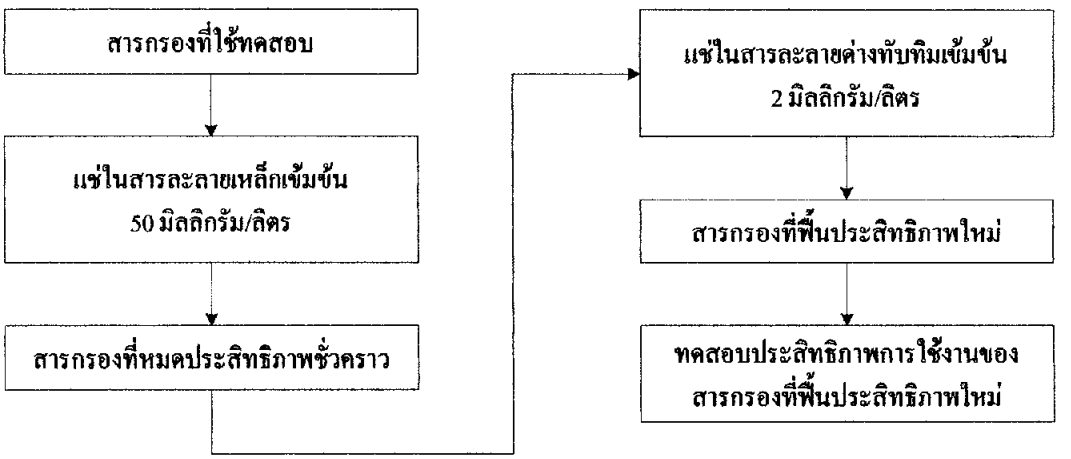
2.2.4 **การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบ** ระหว่างสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองที่ 2.2.3 กับสารกรองที่ผลิตโดยใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุง โดยนำสารกรองที่จะทดสอบการใช้งานจำนวน 1 ลิตร บรรจุในท่อกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร ความสูงของสารกรองในท่อกรอง 80 เซนติเมตร ความสูงของท่อกรอง 100 เซนติเมตร ให้น้ำที่มีสารละลายเหล็กเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ไหลผ่านในอัตราการไหล 1 ลิตร/นาที ซึ่งน้ำที่มีสารละลายเหล็กเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ใช้เป็นตัวแทนของน้ำบาดาลโดยทั่วไป ที่มีความเข้มข้นของเหล็กระหว่าง 0 – 5 มิลลิกรัม/ลิตร และเก็บตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการกรองเป็นระยะทุก 40 ลิตรจนครบ 480 ลิตร ไปวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำ เพื่อใช้คำนวณประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กของสารกรองที่ทดสอบ ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrometer (AAS) รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นเปรียบเทียบระหว่างสารกรองที่ใช้เม็ดทรายกับเม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง

การทดลองที่	สารกรองที่ใช้ทดสอบ
4-1	สารกรองที่ใช้เม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง
4-2	สารกรองที่ใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุง

2.2.5 **การทดสอบหาปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมาจากสารกรองสนิมเหล็ก** เพื่อตรวจสอบปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมากับน้ำที่กรองได้ ซึ่งมาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวงยอมให้มีแมงกานีสได้ไม่เกิน 0.30 มิลลิกรัม/ลิตร การทดลองทำโดยนำสารกรองที่เตรียมขึ้นจำนวน 1 ลิตร บรรจุในท่อกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร ความสูงของสารกรองในท่อกรอง 80 เซนติเมตร ความสูงของท่อกรอง 100 เซนติเมตร ให้น้ำประปาไหลผ่านในอัตราการไหล 1 ลิตร/นาที เก็บตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการกรองเป็นระยะทุก 20 ลิตร จนครบ 80 ลิตร ไปวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีสที่ละลายอยู่ในน้ำ

2.2.6 **การทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่อง** ของสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุด ทั้งนี้เพราะว่าสารกรองเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้วประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กจะเริ่มลดลงจนหมดประสิทธิภาพ ต้องทำการฟื้นประสิทธิภาพก่อนการใช้งานใหม่ การทดลองขั้นตอนนี้ทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ทำโดยนำสารกรองที่เตรียมขึ้นจำนวน 1 ลิตร ไปแช่ในสารละลายเหล็กเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลาครึ่งชั่งโมง เพื่อให้สารกรองหมดประสิทธิภาพครั้งหนึ่งก่อน แล้วจึงนำมาฟื้นประสิทธิภาพใหม่โดยการนำไปแช่ในสารละลายด่างทับทิมเข้มข้น 2 กรัม/ลิตร เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ล้างสารกรองด้วยน้ำธรรมดาจนใส นำสารกรองไปทดสอบการใช้งานจำนวน 1 ลิตร บรรจุในท่อกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร ความสูงของสารกรองในท่อกรอง 80 เซนติเมตร ความสูงของท่อกรอง 100 เซนติเมตร ให้น้ำที่มีสารละลายเหล็กเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ไหลผ่านในอัตราการไหล 1 ลิตร/นาที เก็บตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการกรองเป็นระยะทุก 40 ลิตรจนครบ 320 ลิตร ไปวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำ ใช้คำนวณประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กของสารกรองที่ทดสอบ เพื่อแสดงความสามารถในการใช้งานได้อย่างต่อเนื่องของสารกรอง ขั้นตอนการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องของสารกรอง แสดงดังรูปที่ 2.7

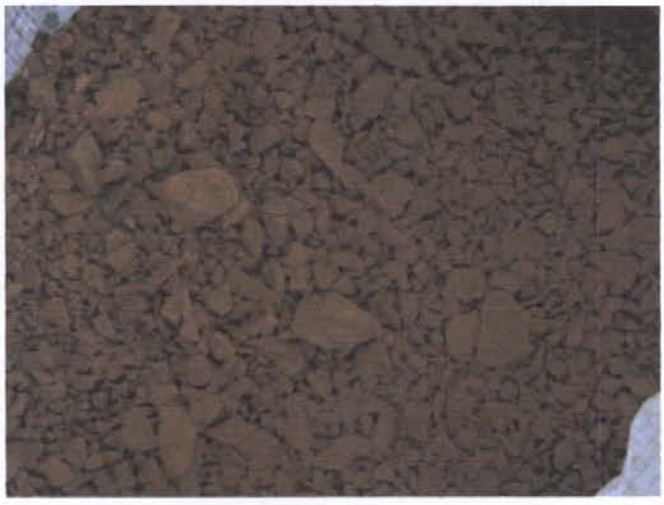


รูปที่ 2.7 แสดงขั้นตอนการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องของสารกรอง

บทที่ 3
ผลการทดลอง

การทดลองการผลิตสารกรองสนิมเหล็ก แสดงผลการทดลองเป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.1. **ผลการเตรียมเม็ดดินเผา** คัดขนาดโดยนำอิฐปูนมาร่อนผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 10 และเบอร์ 30 คัดเอาเฉพาะอิฐปูนที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 10 แต่ไม่ผ่านตะแกรงขนาดบอร์ 30 แสดงผลการคัดแยกขนาดเม็ดดินเผาปูนในรูปที่ 3.1ก-ค และตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.1ก เม็ดดินเผาที่ไม่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 10

รูปที่ 3.1ข เม็ดดินเผาที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 10 แต่ไม่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 30

รูปที่ 3.1ค เม็ดดินเผาที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 30

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการคัดแยกขนาดเม็ดดินเผาเมื่อใช้อิฐมอญ 100 ลิตร

การคัดแยกทรายด้วยตะแกรงร่อน	ปริมาตรของขนาดเม็ดทราย ที่คัดได้ (ลิตร)	คิดเป็นร้อยละ
1.ส่วนที่ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนเบอร์ 10	นำไปปั่นซ้ำ	-
2.ส่วนที่ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนเบอร์ 30	65	65
3.ส่วนที่ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 30	35	35

3.2. **ผลการใช้เครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant เคลือบเม็ดดินเผาครั้งละ 60 ลิตรด้วยด่างทับทิมปริมาณ 1.5, 2.25, 3.0 และ 4.5 กิโลกรัม** สามารถเคลือบด่างทับทิมติดเม็ดดินเผาได้ดี แต่ใช้เวลาในการเคลือบนาน เพราะว่าเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant เป็นระบบถังหมุนแนวนอนมีท่อระบายไอระเหยของน้ำแคบทำให้ไอน้ำระบายออกมาช้า

3.3 **ผลการทดลองหาสภาวะของอุณหภูมิและเวลาในการผลิตสารกรองสนิมเหล็ก** สารกรองที่ผลิตได้แสดงในรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 สารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตได้ด้วยเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot Plant

3.4 **ผลการทดประสิทธิภาพการใช้งานของสารกรองสนิมเหล็กที่ได้จากการทดลองทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา เพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุด**โดยมีรายละเอียดผลการทดลองดังนี้

3.4.1 **ผลการทดสอบเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ด่างทับทิมเคลือบเม็ดดินเผา ปริมาณที่มากเกินพอ(4.5 กิโลกรัม) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เผาสารเคลือบจาก 200 - 400^{o}ซ.** แสดงในตารางที่ 3.2-3.4 ตามลำดับ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กแสดงในรูปที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ด่างทับทิมเคลือบเม็ดดินเผา ปริมาณที่มากเกินพอ(4.5 กิโลกรัม) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเผาสารเคลือบที่อุณหภูมิ 200^{o}ซ.

การทดลองที่ 1 - 1			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	5.17	0.13	97.49
80	5.17	0.24	95.36
120	4.80	0.14	97.08
160	4.80	0.64	86.67
200	4.45	0.47	89.44
240	4.45	0.33	92.58
280	5.03	0.40	92.05
320	5.03	0.72	85.69

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ด่างทับทิมเคลือบเม็ดดินเผา ปริมาณที่มากเกินพอ(4.5 กิโลกรัม) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเผาสารเคลือบที่อุณหภูมิ 300^{0}ซ.

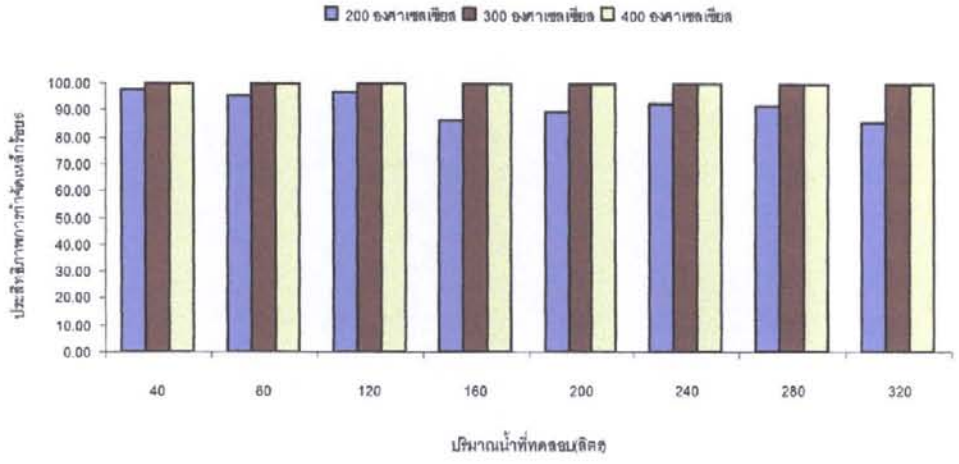
การทดลองที่ 1 - 2			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	5.41	0.00	100.00
80	5.41	0.00	100.00
120	5.23	0.00	100.00
160	5.23	0.00	100.00
200	5.54	0.00	100.00
240	5.54	0.00	100.00
280	5.04	0.00	100.00
320	5.04	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ด่างทับทิมเคลือบเม็ดดินเผา ปริมาณที่มากเกินพอ(4.5 กิโลกรัม) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเผาสารเคลือบที่อุณหภูมิ 400^{0}ซ.

การทดลองที่ 1 - 3			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	5.66	0.00	100.00
80	5.66	0.00	100.00
120	5.39	0.00	100.00
160	5.39	0.00	100.00
200	5.19	0.00	100.00
240	5.19	0.00	100.00
280	6.05	0.00	100.00
320	6.05	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง



รูปที่ 3.3 แสดงเปรียบเทียบผลการทดสอบสารกรองที่ผลิตขึ้น โดยใช้ด่างทับทิมเคลือบเม็ดดินเผา ปริมาณที่มากเกินพอ(4.5 กิโลกรัม) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเผาสารเคลือบที่อุณหภูมิ 200 - 400^{0}ซ.

3.4.2 **ผลการทดลองเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1(300^{0}ซ.) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา จาก 1.5 - 4.5 กิโลกรัม** แสดงในตารางที่ 3.5 - 3.8 ตามลำดับ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กแสดงในรูปที่ 3.4

ตารางที่ 3.5 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้น โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1(300^{0}ซ.) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา เป็น 1.5 กิโลกรัม

การทดลองที่ 2 -1			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	5.27	0.50	90.51
80	5.27	0.41	92.22
120	5.22	0.34	93.49
160	5.22	0.03	99.43
200	4.35	0.30	93.10
240	4.35	0.23	94.71
280	3.47	0.28	91.93
320	3.47	0.02	94.24

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตารางที่ 3.6 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้น โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1(300^{0} ซ.) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา เป็น 2.25 กิโลกรัม

การทดลองที่ 2 -2			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	4.94	0.00	100.00
80	4.94	0.00	100.00
120	5.24	0.00	100.00
160	5.24	0.00	100.00
200	5.36	0.00	100.00
240	5.36	0.00	100.00
280	5.68	0.00	100.00
320	5.68	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.7 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้น โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1(300^{0} ซ.) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา เป็น 3.0 กิโลกรัม

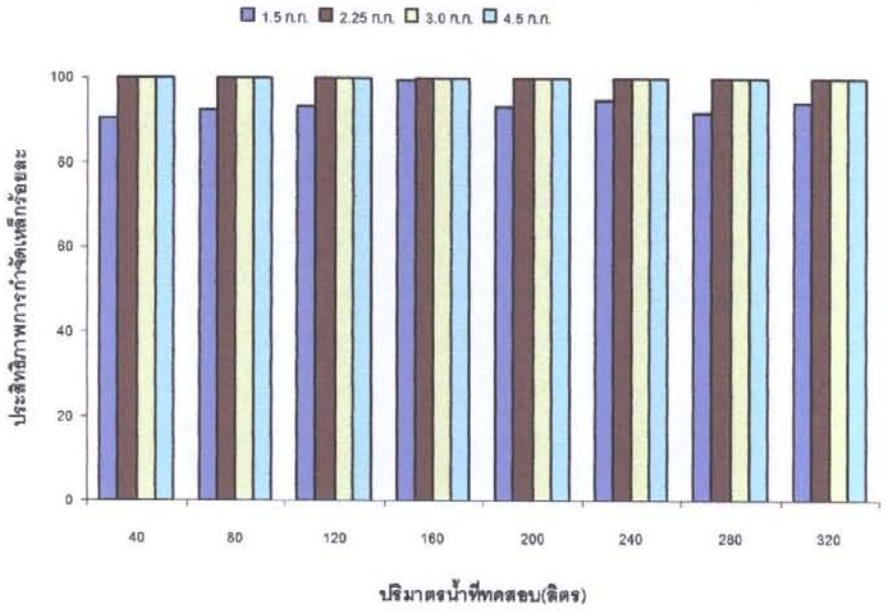
การทดลองที่ 2 -3			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	5.33	0.00	100.00
80	5.33	0.00	100.00
120	5.02	0.00	100.00
160	5.02	0.00	100.00
200	5.88	0.00	100.00
240	5.88	0.00	100.00
280	5.82	0.00	100.00
320	5.82	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.8 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้น โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1(300^{0}ซ.) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา เป็น 4.5 กิโลกรัม

การทดลองที่ 2 -4			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	5.41	0.00	100.00
80	5.41	0.00	100.00
120	5.23	0.00	100.00
160	5.23	0.00	100.00
200	5.54	0.00	100.00
240	5.54	0.00	100.00
280	5.04	0.00	100.00
320	5.04	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง



รูปที่ 3.4 แสดงเปรียบเทียบผลการทดสอบสารกรองที่เตรียมขึ้น โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1(300^{0}ซ.) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา จาก 1.5 - 4.5 กิโลกรัม

3.4.3 **ผลการทดลองเพื่อหาสภาวะการผลิตสารกรอง โดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาอุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้เผาจาก1 - 5 ชั่วโมง** แสดงในตารางที่ 3.9 - 3.13 ตามลำดับ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กแสดงในรูปที่ 3.5

ตารางที่ 3.9 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาอุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เวลาที่ใช้เผา 1 ชั่วโมงและผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 3 - 1			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	5.41	0.13	97.60
80	5.41	0.06	98.89
120	5.46	0.01	99.82
160	5.46	0.36	93.41
200	3.87	1.00	74.16
240	3.87	1.19	69.25
280	5.56	2.04	63.31
320	5.56	2.16	61.15

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.10 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาอุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เวลาที่ใช้เผา 2 ชั่วโมงและผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 3 - 2			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	5.62	0.45	91.99
80	5.62	0.38	93.24
120	5.93	0.23	96.12
160	5.93	0.28	95.28
200	6.17	0.21	96.60
240	6.17	0.39	93.68
280	5.62	0.32	94.31
320	5.62	3.43	38.97

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.11 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาอุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เวลาที่ใช้เผา 3 ชั่วโมงและผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 3 – 3			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	4.50	0.00	100.00
80	4.50	0.00	100.00
120	4.39	0.00	100.00
160	4.39	0.00	100.00
200	4.99	0.00	100.00
240	4.99	0.00	100.00
280	5.00	0.00	100.00
320	5.00	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.12 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาอุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เวลาที่ใช้เผา 4 ชั่วโมงและผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

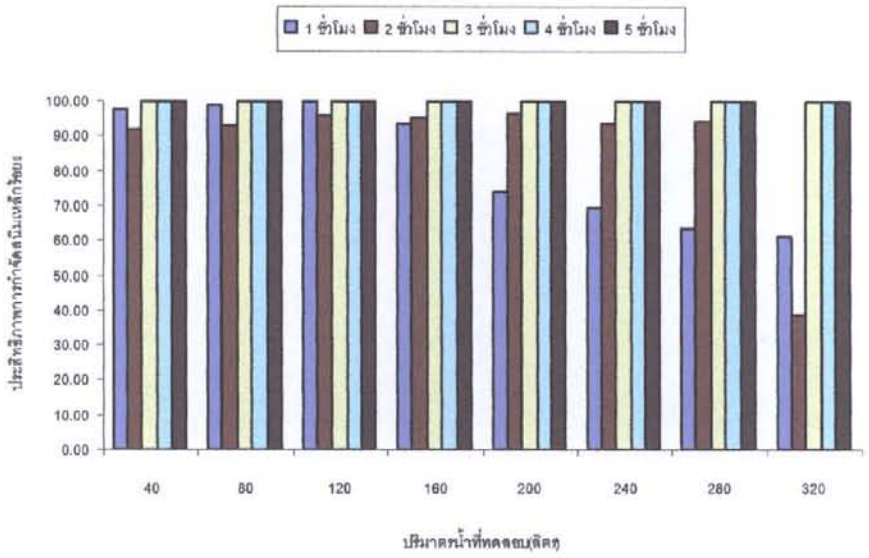
การทดลองที่ 3 - 4			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	4.73	0.00	100.00
80	4.73	0.00	100.00
120	4.77	0.00	100.00
160	4.77	0.00	100.00
200	5.93	0.00	100.00
240	5.93	0.00	100.00
280	4.86	0.00	100.00
320	4.86	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.13 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาอุณหภูมิ 500°ซ. คงที่ เวลาที่ใช้เผา 5 ชั่วโมงและผลทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

การทดลองที่ 3 - 5			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	5.15	0.00	100.00
80	5.15	0.00	100.00
120	4.47	0.00	100.00
160	4.47	0.00	100.00
200	4.65	0.00	100.00
240	4.65	0.00	100.00
280	4.99	0.00	100.00
320	4.99	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง



รูปที่ 3.5 แสดงเปรียบเทียบผลการทดสอบสารกรองที่เตรียมขึ้นโดยใช้ด่างทับทิม ปริมาณ 2.25 กิโลกรัม ทำการเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ. เป็นเวลา 1, 3, 5 และ 7 ชั่วโมง

3.5 **ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสารกรองที่ผลิตขึ้นเปรียบเทียบระหว่างสารกรองที่ใช้เม็ดทรายกับเม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง** แสดงในตารางที่ 3.14-3.15 ตามลำดับ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กแสดงในรูปที่ 3.6

ตารางที่ 3.14 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ใช้เม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง ที่ ได้จากสภาวะการผลิตที่ดีที่สุด ที่อุณหภูมิการเผา 300°ซ. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

การทดลองที่ 4 - 1			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	4.73	0.00	100.00
80	4.73	0.00	100.00
120	5.01	0.00	100.00
160	5.01	0.00	100.00
200	5.22	0.00	100.00
240	5.22	0.00	100.00
280	4.90	0.00	100.00
320	4.90	0.00	100.00
360	5.01	0.00	100.00
400	5.01	0.00	100.00
440	5.15	0.01	99.81
480	5.15	0.00	100.00

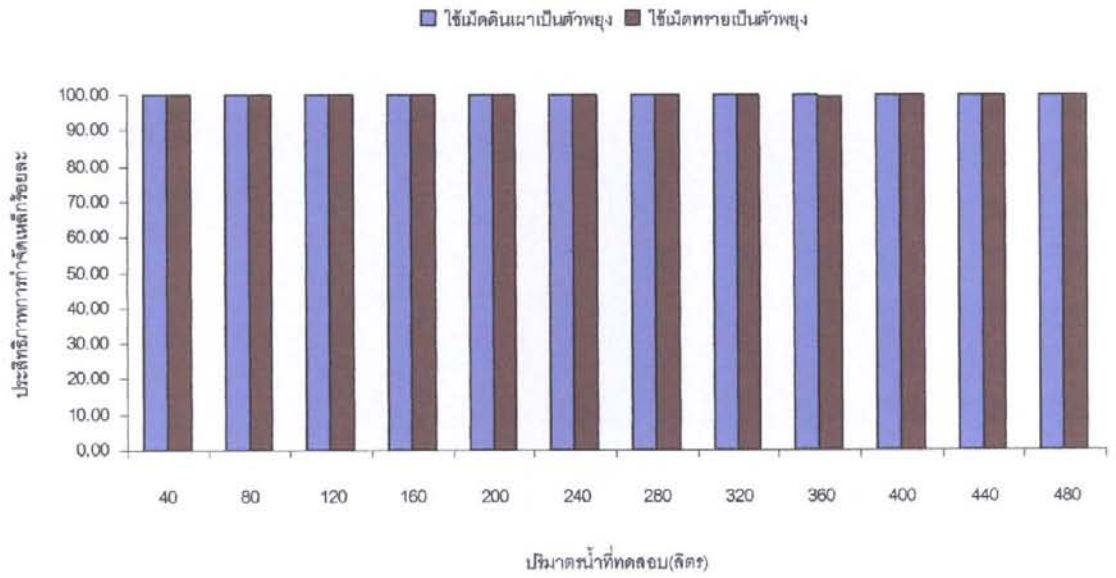
หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง

ตารางที่ 3.15 แสดงผลการทดสอบการใช้งานของสารกรองที่ใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุง ที่ ได้จากสภาวะการผลิตที่ดีที่สุด ที่อุณหภูมิการเผา 500°ซ. เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

การทดลองที่ 4 - 2			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	4.99	0.00	100.00
80	4.99	0.00	100.00
120	5.01	0.00	100.00
160	5.01	0.00	100.00
200	5.15	0.00	100.00
240	5.15	0.00	100.00
280	4.89	0.00	100.00

การทดลองที่ 4 - 2			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
320	4.89	0.00	100.00
360	4.55	0.02	99.56
400	4.55	0.00	100.00
440	4.80	0.00	100.00
480	4.80	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง



รูปที่ 3.6 แสดงประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบระหว่างสารกรองที่ใช้เม็ดทรายกับเม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง

3.6 ผลการทดสอบหาปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมาจากสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุด เพื่อตรวจสอบปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมากับน้ำที่กรองได้ พบว่าไม่ปรากฏสารแมงกานีสเพิ่มขึ้นในน้ำที่กรองได้ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.16

ตารางที่ 3.16 ความเข้มข้นของสารละลายแมงกานีสที่ละลายออกมากับน้ำที่กรองได้ ที่ปริมาตรการกรองต่างๆ

ความเข้มข้นของสารแมงกานีส (มิลลิกรัม/ลิตร) ที่ปริมาตรการกรอง				
ก่อนกรอง	20 ลิตร	40 ลิตร	60 ลิตร	80 ลิตร
0.07	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

3.7 ผลการทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ของสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตได้ ทั้งนี้เพราะว่าสารกรองเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้วประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กจะเริ่มลดลงจนหมดประสิทธิภาพ ต้องทำการฟื้นประสิทธิภาพก่อนการใช้งานใหม่ แสดงในตารางที่ 3.17

ตารางที่ 3.17 แสดงผลการทดสอบการใช้งานต่อเนื่องของสารกรองที่ผลิตขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุด

การทดลองที่ 5 - 1			
ปริมาตรการกรอง (ลิตร)	ความเข้มข้นก่อนกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นหลังการกรอง (มิลลิกรัม/ลิตร)	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ
40	4.98	0.00	100.00
80	4.98	0.00	100.00
120	5.02	0.00	100.00
160	5.02	0.00	100.00
200	5.13	0.00	100.00
240	5.13	0.00	100.00
280	4.95	0.00	100.00
320	4.95	0.00	100.00

หมายเหตุ ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก = (ความเข้มข้นก่อนกรอง - ความเข้มข้นหลังการกรอง)x 100/ ความเข้มข้นก่อนกรอง

บทที่ 4
วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

4.1 วิจารณ์ผล

วิจารณ์การทดลองการผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant จากเม็ดดินเผา เป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

4.1.1 **การเตรียมเม็ดดินเผา** จากผลการทดลองนำอิฐมอญดินเผาที่ซื้อจากร้านวัสดุก่อสร้างมาป่นด้วยเครื่องป่นหยาบ จะได้เม็ดดินที่เป็นก้อนขนาดใหญ่เกินไปจำเป็นต้องนำมาป่นด้วยเครื่องป่นละเอียดอีกขั้นหนึ่ง หลังจากป่นก้อนอิฐด้วยเครื่องป่นละเอียดแล้ว นำมาคัดขนาดพบว่า มีส่วนหนึ่งที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาดเบอร์ 10 ต้องนำกลับไปป่นซ้ำ และได้เม็ดดินเผาที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาดเบอร์ 30 ใช้เป็นเม็ดดินเผาที่ใช้ผลิตสารกรองสนิมเหล็กได้ประมาณร้อยละ 65 ส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 30 ประมาณร้อยละ 35 ใช้ผลิตเป็นสารกรองไม่ได้

4.1.2 **การใช้เครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant เคลือบเม็ดดินเผาครั้งละ 60 ลิตร ด้วยด่างทับทิมปริมาณ 1.5, 2.25, 3.0 และ 4.5 กิโลกรัม** สามารถเคลือบด่างทับทิมติดเม็ดดินเผาได้ดีเหมือนกับเคลือบบนเม็ดทราย แต่ใช้เวลาในการเคลือบนาน เพราะว่าเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant เป็นระบบถังหมันแนวนอนมีท่อระบายไอระเหยของน้ำแคบทำให้ไอน้ำระบายออกมาช้า ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานความร้อนในการระเหยเอาน้ำออก เครื่องมือที่ดีและมีประสิทธิภาพสำหรับเคลือบด่างทับทิมให้เกาะเม็ดดินเผาหรือเม็ดทรายควรเป็นถังเปิดวางตามแนวตั้งและติดใบกวนภายในถัง

4.1.3 **การทดลองหาสภาวะของอุณหภูมิและเวลาในการผลิตสารกรองสนิมเหล็ก** จากผลการทดลองพบว่าการเผา"เม็ดดินเผาเคลือบด่างทับทิม"ที่อุณหภูมิ 200 °ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง การสลายตัวของด่างทับทิมเกิดไม่สมบูรณ์ ตรวจสอบโดยการนำสารกรองที่เผาแล้วมาแช่ในน้ำยังคงแสดงสีม่วงของด่างทับทิม และที่อุณหภูมิมากกว่า 300 °ซ. ไม่ปรากฏสีม่วงในน้ำที่แช่สารกรอง และผลการทดลองเมื่อเผา"เม็ดดินเผาเคลือบด่างทับทิม"ที่อุณหภูมิ 300 °ซ. ที่เวลา 1 – 2 ชั่วโมง เมื่อนำมาแช่ในน้ำจะแสดงสีม่วงของด่างทับทิมชัดเจน และที่เวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง ไม่ปรากฏสีม่วงในน้ำที่แช่สารกรอง ฉะนั้นการเผาสารกรองด้วยวิธีนี้ต้องใช้อุณหภูมิในการเผามากกว่า 300 °ซ. และใช้เวลาเผาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง การเผาจึงจะเกิดสมบูรณ์ แต่การตรวจคุณภาพที่ถูกต้องจำเป็นต้องนำไปทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดสนิมเหล็กด้วย จากผลดังกล่าวแสดงว่าการผลิตสารกรองสนิมเหล็กที่ใช้เม็ดดินเผาเป็นตัวพยุงใช้อุณหภูมิในการเผาน้อยกว่าการใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุง

4.1.4 **การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสารกรองสนิมเหล็กที่ได้จากการทดลองทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา**

4.1.4.1 **การทดสอบเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ด่างทับทิมเคลือบเม็ดดินเผา ปริมาณที่มากเกินพอ(4.5 กิโลกรัม) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้เผาสารเคลือบ จาก 200°- 400° ซ.** เมื่อนำสารกรองที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำ สารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ อุณหภูมิที่ทำการเผา 200 °ซ. มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำต่ำเพราะว่าที่อุณหภูมิ 200 °ซ. ด่างทับทิมสลายตัวไม่หมดเกิดแมงกานีสไดออกไซด์ขึ้นน้อย และสารกรองที่ผลิตขึ้นที่อุณหภูมิอย่างน้อย 300°ซ. ด่างทับทิมสลายตัวเป็นแมงกานีสไดออกไซด์สมบูรณ์ ทำให้สารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ อุณหภูมิที่ทำการเผาอย่างน้อย 300°ซ. มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้ดี

4.1.4.2 **การทดลองเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสารเคลือบคงที่ ที่เหมาะสมหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1 (300°ซ.) ทำการเผาเป็นเวลาที่มากเกินพอ(5 ชั่วโมง) โดยเปลี่ยนปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา จาก 1.5 - 4.5 กิโลกรัม** เมื่อนำสารกรองที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำ สารกรองที่ผลิตขึ้นโดยการใช้ด่างทับทิม 1.5 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำต่ำไม่เหมาะที่จะใช้เป็นสารกรองเพราะว่าด่างทับทิมน้อยเกินไปการเคลือบติดไม่ดีไม่สม่ำเสมอ สารกรองที่ผลิตขึ้นโดยการใช้ด่างทับทิม 2.25, 3.0 และ 4.5 กิโลกรัม มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำสูงเหมาะที่จะใช้เป็นสารกรองเพราะว่าการใช้ ด่างทับทิมตั้งแต่ 2.25 กิโลกรัม ขึ้นไปเคลือบเม็ดดินเผาจำนวน 60 ลิตร ให้ผลการเคลือบที่สม่ำเสมอและเคลือบติดได้ดี แต่สารเคลือบที่มากกว่า 2.25 กิโลกรัม เป็นปริมาณที่เกินความจำเป็น

4.1.4.3 **การทดลองเพื่อหาสภาวะ การผลิตสารกรอง โดยใช้ปริมาณด่างทับทิมที่ใช้เคลือบเม็ดดินเผา และอุณหภูมิในการเผาสารเคลือบที่เหมาะสม ซึ่งหาได้จากผลการทดลองในตารางที่ 2.1 และ 2.2 (2.25 กิโลกรัม 300°ซ.) โดยเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้เผาสารเคลือบจาก 1- 5 ชั่วโมง** เมื่อนำสารกรองที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำ สารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ เวลาที่ทำการเผา 1 –2 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพต่ำในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำ เพราะว่าการเผาที่เวลา 1 -2 ชั่วโมง ด่างทับทิมสลายตัวไม่หมดเกิดแมงกานีสไดออกไซด์ขึ้นน้อย สารกรองที่ผลิตขึ้นโดยใช้ เวลาที่ทำการเผา 3 –5 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำ เพราะว่าการเผาที่เวลา 3 –5 ชั่วโมง ด่างทับทิมสลายตัวเกิดเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ได้สมบูรณ์

4.1.5 การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นด้วยเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant ในปริมาณครั้งละ 60 ลิตรเปรียบเทียบ ระหว่างสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตโดยการใช้เม็ดทรายกับเม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง เมื่อนำสารกรองที่ได้ไปทดสอบการใช้งานให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้เท่ากัน ซึ่งสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตโดยการใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุง ได้ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้เท่ากับสารกรองคุณภาพดีของต่างประเทศมาแล้ว สารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นโดยการใช้เม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง ด้วยเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant ในปริมาณครั้งละ 60 ลิตร ย่อมมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้เท่ากับสารกรองคุณภาพดีของต่างประเทศเช่นกัน

4.1.6 การทดสอบหาปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมาจากสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุด เพื่อตรวจสอบปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมากับน้ำที่กรองได้ เมื่อทดลองให้น้ำประปาไหลผ่านเครื่องกรองที่บรรจุสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้น ตรวจไม่พบแมงกานีสละลายอยู่ในน้ำที่ออกจากเครื่องกรอง แสดงว่าสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้น ไม่มีส่วนทำให้ปริมาณสารแมงกานีสในน้ำเพิ่มขึ้นในขณะใช้สารกรองกรองน้ำ

4.1.7 การทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ของสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุด เนื่องจากสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์เมื่อใช้ไปนานๆ แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) จะเปลี่ยนเป็นแมงกานิกออกไซด์ (Mn_2O_3) และจะเกิดการหมดประสิทธิภาพชั่วคราวต้องนำมาฟื้นประสิทธิภาพใหม่โดยการแช่ในสารละลายด่างทับทิมเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแมงกานิกออกไซด์ (Mn_2O_3) กลับคืนเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ตามเดิม การทดสอบประสิทธิภาพสารกรองที่ผลิตขึ้น โดยนำไปแช่ในสารละลายเหล็กเข้มข้นเพื่อให้หมดประสิทธิภาพชั่วคราวแล้วนำมาฟื้นประสิทธิภาพใหม่(Regeneration) โดยการแช่ในสารละลายด่างทับทิม แล้วล้างสารกรองให้สะอาดนำมาทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำพบว่าให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้ร้อยละ 100 เหมือนกับการใช้งานตอนเริ่มต้น แสดงว่าสารกรองที่ผลิตขึ้นสามารถที่จะใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง โดยการนำมาฟื้นประสิทธิภาพใช้งานใหม่เมื่อสารกรองหมดประสิทธิภาพชั่วคราว เช่นเดียวกับสารกรองที่ผลิตโดยการใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุง

4.2 <u>สรุปผลการทดลอง</u>

การผลิตสารกรองสนิมเหล็กเพื่อกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำ โดยการใช้เม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง สามารถผลิตครั้งละ 60 ลิตรได้ โดยมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

1) ทำการเคลือบด่างทับทิมให้เกาะติดเม็ดดินเผาในเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant ซึ่งเป็นถังทรงกระบอกแนวนอนขนาด 200 ลิตร ให้ความร้อนด้วยแก๊ส และหมุนถังด้วยมอเตอร์ที่ความเร็ว 10 รอบ/นาที

2) ทำการเผาเม็ดดินเผาที่เคลือบด่างทับทิมแล้ว ต่อเนื่องในเครื่องผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot plant

โดยมีสภาวะการผลิตที่สำคัญ คือ

1) ใช้เม็ดดินเผาเคลือบด้วยด่างทับทิม ในอัตราส่วนเม็ดดินเผา 60 ลิตร ต่อด่างทับทิม 2.25 กิโลกรัม

2) การเคลือบเม็ดดินเผาทำโดยละลายด่างทับทิมให้เป็นสารละลายก่อนแล้วนำสารละลายที่ได้มาผสมรวมกับเม็ดดินเผาจากนั้นให้ความร้อนเพื่อระเหยเอาน้ำออก

3) เมื่อเม็ดดินเผาเริ่มหมาด ให้คนคลุกตลอดเวลาจนกระทั่งเม็ดดินเผาเคลือบแห้ง ไม่เช่นนั้นด่างทับทิมจะเคลือบติดเม็ดดินเผาไม่สม่ำเสมอ

4) การเผาเม็ดดินเผาที่เคลือบด่างทับทิมแล้ว ทำการเผาที่อุณหภูมิ 300°ซ. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จึงจะได้สารกรองสนิมเหล็กที่มีประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพของสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตได้มี ดังนี้

1) มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้ดี เท่ากับสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตโดยการใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุง ซึ่งเท่ากับสารกรองคุณภาพดีของต่างประเทศจากผลการวิจัยที่อ้างอิง

2) สารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตได้นี้ เมื่อนำไปใช้กรองน้ำแล้วไม่ทำให้แมงกานีสในน้ำที่ออกจากสารกรองเพิ่มขึ้น แสดงว่าแมงกานีสที่เม็ดสารกรองไม่ละลายในน้ำที่กรอง

3) เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้วแมงกานีสไดออกไซด์(MnO_2) จะเปลี่ยนเป็นแมงกานิก ออกไซด์ (Mn_2O_3) จะเกิดการหมดประสิทธิภาพชั่วคราว และสามารถนำกลับมาฟื้นประสิทธิภาพการใช้งานใหม่ได้อีก โดยการแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยน แมงกานิกออกไซด์ (Mn_2O_3) กลับคืนเป็นแมงกานีสไดออกไซด์(MnO_2) อย่างเดิม

ผลที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาเรื่องนี้

1) ได้สารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นเองโดยการใช้เม็ดดินเผาเป็นตัวพยุง มีราคาต้นทุนการผลิต 8 - 10 บาท/ลิตร

2) สามารถผลิตสารกรองให้มีน้ำหนักเบาได้เพราะความถ่วงจำเพาะของดินเผามีค่าน้อยกว่าทรายมาก

3) เป็นแนวทางส่งเสริมให้มีการผลิตเพื่อการค้า ช่วยลดการนำเข้าสารกรองจากต่างประเทศและทำให้ราคาถูกลง

4) มีการนำสารกรองมาใช้อย่างกว้างขวาง สามารถแก้ปัญหาให้กับผู้ใช้น้ำบาดาลได้

ต้นทุนการผลิต

สารกรองที่ใช้กำจัดสนิมเหล็กในน้ำบาดาลที่สั่งซื้อจากต่างประเทศมีราคาขายตั้งแต่ 65 – 100 บาท/ลิตร สารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นเองโดยใช้เม็ดทรายเป็นตัวพยุงมีราคาต้นทุนการผลิตประมาณ 8.95 บาท/ลิตร[1] และสารกรองสนิมเหล็กที่ผลิตขึ้นเองโดยใช้เม็ดดินเผาเป็นตัวพยุงมีราคาต้นทุนการผลิตประมาณ 9.92 บาท/ลิตร[2] หากมีการผลิตเพื่อการค้าครั้งละมากๆต้นทุนการผลิตจะลดต่ำลงอีก การวิจัยและพัฒนาเรื่องนี้เป็นแนวทางส่งเสริมให้มีการผลิตเพื่อการค้า ช่วยลดการนำเข้าสารกรองจากต่างประเทศ และทำให้ราคาถูกลง มีการนำสารกรองมาใช้อย่างกว้างขวาง สามารถแก้ปัญหาให้กับผู้ใช้น้ำบาดาลได้

---

[1] ราคาต้นทุนการผลิตสารกรองสนิมเหล็กจากเม็ดทราย

กรณีผลิตครั้งละ 60 ลิตร

- เม็ดทราย 60 ลิตร @ 1.25 บาท เป็นเงิน 75 บาท
- ค่าทับทิม 3 ก.ก. @ 55 บาท เป็นเงิน 165 บาท
- พลังงานไฟฟ้า 0.57 หน่วย @ 3.50 บาท เป็นเงิน 2 บาท
- เชื้อเพลิง 8 ก.ก. @ 12.5 บาท เป็นเงิน 100 บาท
- แรงงาน 1 คน @ 165 บาท เป็นเงิน 165 บาท
- ถุงบรรจุ 3 ใบ @ 10 บาท เป็นเงิน 30 บาท

รวมเป็นเงิน 537 บาท เฉลี่ย 8.95 บาท/ลิตร

[2] ราคาต้นทุนการผลิตสารกรองสนิมเหล็กจากเม็ดดินเผา

กรณีผลิตครั้งละ 60 ลิตร

- เม็ดดินเผา 60 ลิตร @ 2.8 บาท เป็นเงิน 168 บาท
- ค่าทับทิม 3 ก.ก. @ 55 บาท เป็นเงิน 165 บาท
- พลังงานไฟฟ้า 0.57 หน่วย @ 3.50 บาท เป็นเงิน 2 บาท
- เชื้อเพลิง 5.2 ก.ก. @ 12.5 บาท เป็นเงิน 65 บาท
- แรงงาน 1 คน @ 165 บาท เป็นเงิน 165 บาท
- ถุงบรรจุ 3 ใบ @ 10 บาท เป็นเงิน 30 บาท

รวมเป็นเงิน 595 บาท เฉลี่ย 9.92 บาท/ลิตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ ได้รับการสนับสนุน ให้คำแนะนำจาก นางรุ่งอรุณ วัฒนวงศ์ ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีชุมชน และนางสาวอุราวรรณ อุ่นแก้ว และได้รับการช่วยเหลืองานทั่วไปในห้องปฏิบัติการจาก นายนพดล สิงห์สุวรรณ์

คุณานุกูลของท่านที่กล่าวมานี้ จักพึงรำลึกถึงไว้เสมอและใคร่ขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. ชัยวัฒน์ ธานีรัตน์. **การเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ เพื่อกำจัดสนิมเหล็กในน้ำบาดาล**. เอกสารเผยแพร่กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2541

2. ชัยวัฒน์ ธานีรัตน์. **การผลิตสารกรองสนิมเหล็กระดับ Pilot Plant จากเม็ดทราย**. เอกสารเผยแพร่กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2542.

3. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. **วิศวกรรมการประปา**. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2527.

4. Arthur I. Vogel, D.Sc. (Lond.). **Quantitative inorganic analysis**. Lowe & Brydone ltd. ,London. 1968.

5. Barnes, D. **Water and wastewater engineering systems**. Pitman Books,London. 1981.

6. D.K.Siamphan (1993) co.,ltd. Technical data, S.R.Lee Manganese zeolite. D.K.Siamphan (1993) co.,ltd. Bangkok.

7. Inversand company. **Technical data, Manganese green sand. Inversand company**. Clayton, New Jersey 08312 USA.

8. J & B Chemicals. **Technical data, Manganese sand. J & B Chemicals**. P.O. Box 16013 Loveland Colorado 80539 USA.

9. Philip John Durrant. **Introduction to advanced inorganic chemistry**. Williamclowers and sons,limited,London. 1961.

10. Purolite. **Technical data, Manganese Zeolite**. The Purolite Company Bala Cynwyd, PA 19004.

11. Unitech co.,ltd. **Technical data, Zeomangan manganese zeolite**. Unitech co.,ltd. Bangkok.